

石灰、セメント改良土の小規模締固め施工実験（剛性、強度に関する報告）

土木研究所 正会員○大田孝 宮下千花 橋本毅 山田充

1. はじめに

文献 1)では、自然含水状態の低品質な砂質土に生石灰、セメント系固化材を混合した混合率の異なる改良土と、含水比を低下させた砂質土の締固め施工実験の結果について、主に密度に関する報告をしている。本論文では、施工実験中に計測した剛性や強度に関するパラメータと、材齢 7 日で計測した一軸圧縮強さの結果について報告する。

2. 実験方法

実験に用いた地盤材料は、茨城県で採取された低品質な砂質土（美浦砂）である。自然含水状態の美浦砂（採取時含水比約 34%）の含水比を約 23%まで低下させ、安定処理をしなくても転圧効果が期待できる状態とし、美浦砂（無改良）として実験を行った。改良土作製に用いた固化材は生石灰、セメント系固化材であり、土の乾燥質量に対する混合率は石灰改良土で 4.5%及び 6.0%、セメント改良土で 6.7%及び 9.7%とした。本実験では小規模な実験溝（幅 0.5m×長さ 5.0m×深さ 0.3m）を複数準備し、実験溝に投入、敷均した地盤材料を質量約 70 kg のランマにて転圧した。地盤材料の基本物性や実験方法の詳細は文献 1)を参照されたい。

実験溝毎に異なる回数まで転圧した後、コアカッターによる土の密度試験（3 箇所・3 深度）、衝撃加速度試験²⁾（1 箇所・10 回）、小型 FWD 試験（3 箇所・1 回）、動的平板載荷試験（3 箇所・10 回）を転圧当日に実施した。翌日（セメント改良美浦砂（9.7%）は当日）、転圧回数 4 回の実験溝においてブロックサンプリングを実施した。衝撃加速度試験では衝撃加速度、小型 FWD 試験と動的平板載荷試験では地盤反力係数をそれぞれ測定した。ブロックサンプリングにより採取した不攪乱試料を直ちに直径 5cm、高さ 10cm の円柱供試体に整形し、室温約 20℃で封緘養生を行い、材齢 7 日で一軸圧縮試験を実施した。

3. 実験結果

図 1 に 3 深度（上・中・下層）の平均密度により求めた締固め度と転圧回数の関係を示す。砂質土、細粒土は同様の既往実験^{3),4)}で用いられた地盤材料で、砂質土は美浦砂（無改良）より細粒分含有率が少なく、細粒土は美浦砂より全体としてやや粒度が小さい。すべてのケースで、転圧 4 回までの締固め度は路体盛土の一般的な品質管理基準値である 90%を超えた。砂質土の締固め度は細粒土や美浦砂よりやや高かった。改良土を含む美浦砂の転圧による締固め度の増加量は、砂質土、細粒土より小さかった。

図 2 に締固め度と衝撃加速度の関係を示し、図 3 に飽和度と衝撃加速度の関係を示す。図 2 より、石灰改良美浦砂（6.0%）では締固め度と衝撃加速度との間に正の相関が見られた。それ以外のケースでは、転圧 1 回または 2 回以降の衝撃加速度が低下し、締固め度との相関が逆転した。石灰改良美浦砂（6.0%）の飽和度は転圧 4 回までに 80%に達していなかった。ほかのケースでは、転圧 1 回または 2 回以降に飽和度が 80%に達していた。既往の様々な地盤材料における類似の研究^{例えは 5)}でも指摘されている通り、飽和度が大きくなるにつれて衝撃加速度の計測値に水の影響（サクシジョンの低下による剛性、強度の低下）が表れ始め、衝撃加速度と締固め度（密度）との関係が変化したものと考えられる。

図 4 に締固め度と小型 FWD 試験により得られた地盤反力係数の関係を示し、図 5 に飽和度と地盤反力係数（小型 FWD）の関係を示す。

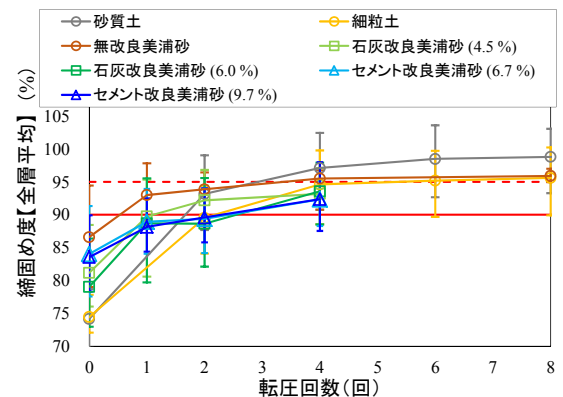


図 1 締固め度及び転圧回数の相関図

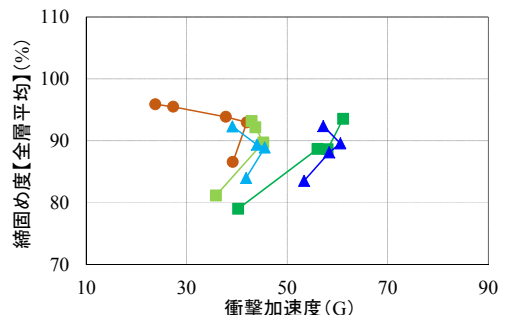


図 2 締固め度と衝撃加速度の関係図

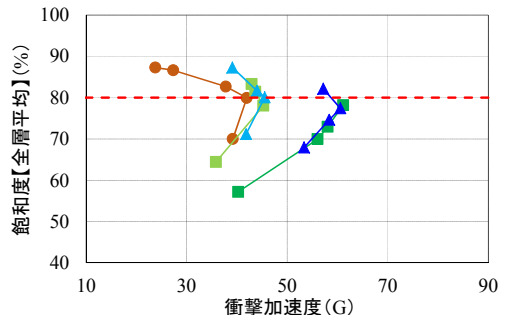


図 3 飽和度と衝撃加速度の関係図

キーワード 建設発生土、改良土、締固め、地盤反力係数、衝撃加速度、一軸圧縮強さ

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 TEL 029-879-6759

砂質土と美浦砂の6ケースでは、小型FWDにより得られたK値を1.5で除した値を地盤反力係数(K_{30})とした⁶⁾。図6に締固め度と動的平板載荷試験により得られた地盤反力係数の関係を示し、図7に飽和度と地盤反力係数(動的平板載荷)の関係を示す。図4及び図6より、セメント改良美浦砂(9.7%)では締固め度と地盤反力係数との間に正の相関が見られた。それ以外のケースでは、転圧1回または2回以降の地盤反力係数が低下し、締固め度との相関が逆転した。図5及び図7より、セメント改良美浦砂(9.7%)を除くと、飽和度が70~80%以上で地盤反力係数が低下した。衝撃加速度と同様に、飽和度の増加に伴うサクシンの低下によるものと考えられる。

図8に美浦砂の実験5ケースの一軸圧縮強さと乾燥密度の関係を示す。ブロックサンプリングによる供試体の一軸圧縮強さは「BS」と表記している。室内配合試験結果は、JCAS L-01「セメント系固化材による改良体の強さ試験方法」に準拠して3層突固めにより作製した供試体から求めたもので、「配合試験」と表記している。石灰改良土の(BS/配合試験)の強さ比は0.4~0.5、セメント改良土では0.3であった。これらは、バックホウとソイルミキサーの攪拌精度の違い、締固め(突固め)までの経過時間の差、供試体の密度の違いなどによるものと考えられる。

今後は、異なる地盤材料や転圧機械を用いて同様の実験を行い、低品質な地盤材料からなる改良土の締固め特性について引き続き検討する予定である。

4. まとめ

自然含水状態の美浦砂に生石灰、セメント系固化材を混合した混合率の異なる改良土と、含水比を低下させた美浦砂の締固め施工実験を実施した。

本研究及び既往の実験に用いたすべての地盤材料において、飽和度が70~80%未満の範囲では、衝撃加速度及び地盤反力係数と締固め度には正の相関が見られた。ブロックサンプリングによる供試体と室内配合試験の供試体の一軸圧縮強さの比は、材齢7日において0.3~0.5であった。

<謝辞>本論文は、土木研究所と産学計12者による共同研究「建設発生土等の長期的な品質管理向上技術に関する共同研究」の成果の一部をとりまとめたものである。論文の作成にあたり、共同研究参加者から貴重な助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 宮下ら：石灰、セメント改良土の小規模締固め施工実験(密度に関する報告)，土木学会第73回年次学術講演会，投稿中
- 2) 佐藤，西川：衝撃加速度による安定処理土の品質管理方法，セメント系安定処理土に関するシンポジウム発表論文集，pp.97-102，1995
- 3) 佐藤ら：盛土施工における締固め特性について(その5) 小型締固め機械の締固め特性，土木学会第69回年次学術講演会，2014
- 4) 岩谷ら：盛土施工における締固め特性について(その6) 締固めによる地盤反力係数 K_{30} の特性，土木学会第69回年次学術講演会，2014
- 5) 龍岡文夫：第2回 盛土の締固め②，基礎工，pp.102-405，2013，08
- 6) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物平成25年改訂，付属資料31，pp.419，2013

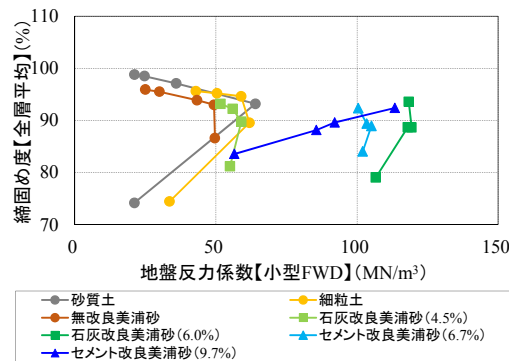


図4 締固め度と地盤反力係数(小型FWD)の関係

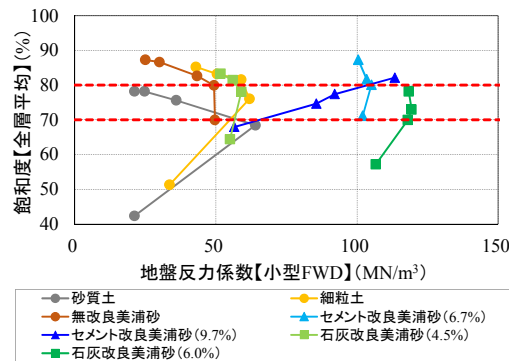


図5 飽和度と地盤反力係数(小型FWD)の関係

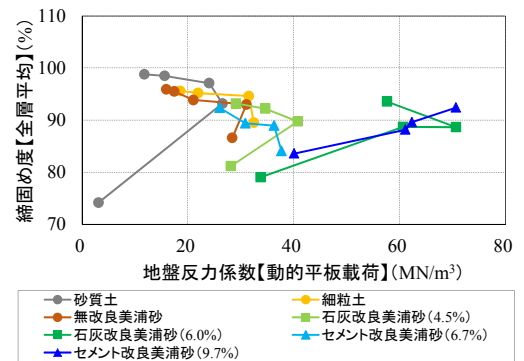


図6 締固め度と地盤反力係数(動的平板載荷)の関係

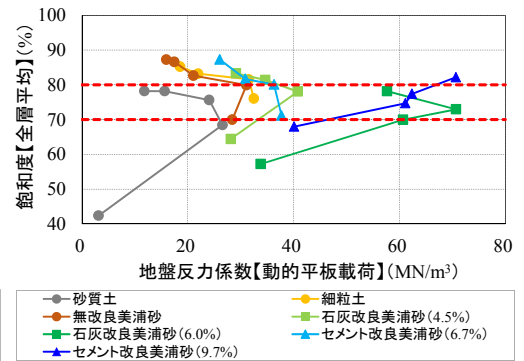


図7 飽和度と地盤反力係数(動的平板載荷)の関係

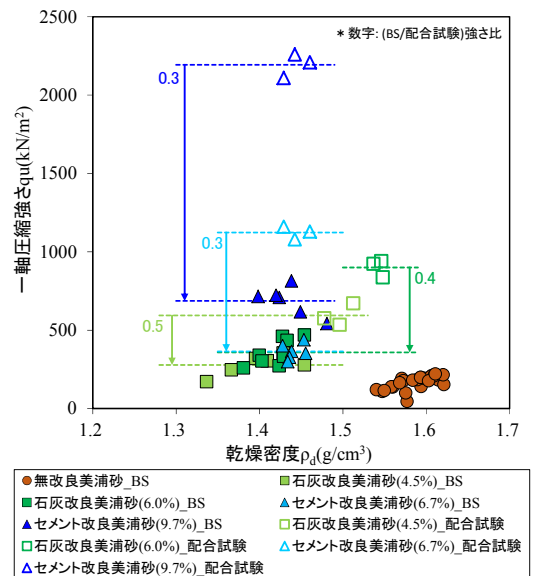


図8 一軸圧縮強さ(材齢7日)と乾燥密度の相関